

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-099505
 (43)Date of publication of application : 12.04.1994

(51)Int.Cl. B29C 67/00
 // B29C 35/02
 B41M 5/00
 G03F 7/027
 B29K105:24

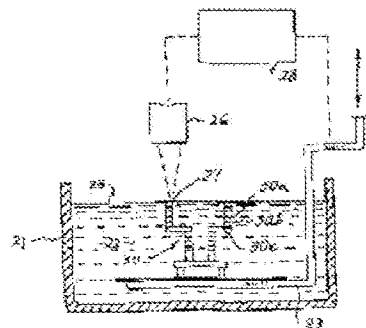
(21)Application number : 05-105641 (71)Applicant : THREE D SYST INC
 (22)Date of filing : 06.05.1993 (72)Inventor : CHARLES W HULL

(54) METHOD AND APPARATUS FOR FORMING THREE-DIMENSIONAL MATTER

(57)Abstract:

PURPOSE: To rapidly produce a three-dimensional matter to move the same to a prototype stage without performing the complicated focusing of a three-dimensional apparatus by forming successively adjacent cross-sectional laminated plates of the three-dimensional matter to the surface of a fluid medium capable of being changed in its physical state in response to synergistic energy.

CONSTITUTION: The surface of a UV curable liquid 22 is held to constant height in a container and a UV light spot 27 having intensity curing this liquid is moved over a working surface 23 in a programmed form. When the liquid 22 is cured and a solid material is formed, a lift stand 29 is lowered from the working surface in a programmed form. By this method, a new liquid 22 flows to the surface 23. A part of the new liquid is converted to a solid material by the programmed UV light spot 27 to be bonded to the material present thereunder. This process is continued until the whole of a three-dimensional matter 30 is formed. It is unnecessary to form the arrangement and drawing of a plan in this method.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.05.1993
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number] 2139883
 [Date of registration] 14.01.1999

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-99505

(43)公開日 平成6年(1994)4月12日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 9 C 67/00		7344-4F		
// B 2 9 C 35/02		9156-4F		
B 4 1 M 5/00		9221-2H		
G 0 3 F 7/027				
B 2 9 K 105:24				

審査請求 有 発明の数 7 (全 11 頁)

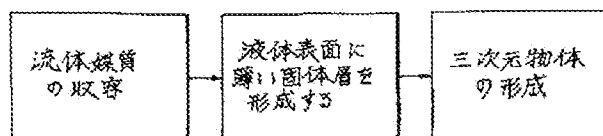
(21)出願番号	特願平5-105641	(71)出願人	593085886
(62)分割の表示	特願平1-112736の分割		スリーディー、システムズ、インコーポレ ーテッド
(22)出願日	昭和60年(1985)8月8日		3 D SYSTEMS, INC.
			アメリカ合衆国カリフォルニア州、バレン シア、アベニュー ホール、26081
		(72)発明者	チャールズ、ダブリュ、ハル
			アメリカ合衆国カリフォルニア州、アルカ ディア、フェアヴィュー、アベニュー、 419
		(74)代理人	弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

(54)【発明の名称】 三次元の物体を作成する方法と装置

(57)【要約】

【目的】 反応性物質に曝されたときに硬化し得る媒質から三次元物体を一層ずつ作成する方法において、反応性物質との組合せが媒質の硬化を生じ、これによって媒質の複数の硬化層から三次元物体を形成するようにする。

【構成】 作成する三次元物体の断面を表すデータを発生される工程と、硬化させる逐次形成されるばしつ層を前に形成された媒質層に隣接させて形成させる工程と、断面データにしたがって硬化される逐次媒質層の少くとも一部分に反応性物質を投与することにより逐次媒質層の少くとも一部分を選択的に硬化させる工程と、からなる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】反応性物質に曝されたときに硬化し得る媒質から三次元物体を一層づつ形成して作成する方法において、

作成する三次元物体の断面を表すデータを発生させる工程と、

硬化させる逐次形成される媒質層を前に形成された媒質層に隣接させて形成させる工程と、

前記断面データにしたがって硬化される逐次媒質層の少なくとも一部に反応性物質を投与することにより前記逐次媒質層の少なくとも一部を選択的に硬化させる工程と、
からなり、前記媒質と前記反応性物質との組合わせにより媒質を硬化させ、これによって前記媒質の複数の硬化層から三次元物体を形成する方法。

【請求項2】前記媒質が流体媒質である請求項1記載の方法。

【請求項3】前記流体媒質が液体媒質である請求項2記載の方法。

【請求項4】前記液体媒質が重合可能な媒質からなる請求項3記載の方法。

【請求項5】前記媒質が前記反応性物質をインクジェットディスペンサーから分配することにより硬化される請求項1記載の方法。

【請求項6】前記インクジェットディスペンサーがコンピュータ制御されている請求項5記載の方法。

【請求項7】反応性物質に曝されたときに硬化し得る媒質から三次元物体の少なくとも一部分を一層づつ形成して作成する方法において、

作成する三次元物体の断面を表す断面データを発生させる工程と、

硬化される媒質層を形成する工程と、

前記断面データにしたがって硬化される逐次媒質層の少なくとも一部分に反応性物質を投与することにより前記逐次媒質層の少なくとも一部分を選択的に硬化させることにより三次元物体の層を形成する工程と、

三次元物体の前記層を互に接着させて三次元物体の前記少なくとも一部分を形成する工程と、
からなる三次元物体を形成する方法。

【請求項8】前記流体媒質の前記層が前記三次元物体の前に硬化された層に隣接して形成され、かつ接着が前記媒質の前記層の前記選択的硬化時に行われる請求項7記載の方法。

【請求項9】前記媒質が流体媒質である請求項8記載の方法。

【請求項10】前記流体媒質が液体媒質である請求項8記載の方法。

【請求項11】前記液体媒質が重合可能な媒質からなる請求項10記載の方法。

【請求項13】前記流体媒質が反応性物質をインクジェットディスペンサーから投与することにより硬化される請求項9記載の方法。

【請求項14】前記インクジェットディスペンサーがコンピュータ制御されている請求項13記載の方法。

【請求項15】前記反応性物質をマスクを介して選択的に投与することにより前記媒質が選択的に硬化される請求項9記載の方法。

【請求項16】反応性物質に曝されたときに硬化し得る媒質から三次元物体の少なくとも一部分を一層づつ形成して作成する方法において、

作成する三次元物体の断面を表す断面データと発生させる工程と、

硬化される第1媒質層を形成する工程と、

前記第一媒質層の少なくとも一部分へ前記反応性物質を投与することによって前記第一媒質層の前記少なくとも一部分を選択的に硬化させることにより前記断面データに応じて前記三次元物体の第一断面を形成する工程と、

前記三次元物体の前記第一断面に隣接して第二媒質層を形成する工程と、

前記三次元物体の第二断面を形成し、前記第二媒質層の前記少なくとも一部分へ前記反応性物質を投与することによって前記第二媒質層の前記少なくとも一部分を選択的に硬化させることにより前記断面データに応じて前記第一断面に前記第二断面を接着する工程と、
からなり、これにより前記三次元物体の少なくとも一部分が複数の成形され、かつ接着された断面から形成される方法。

【請求項17】前記媒質が流体媒質である請求項16記載の方法。

【請求項18】前記流体媒質が液体媒質である請求項17記載の方法。

【請求項19】液体媒質が重合可能な媒質である請求項18記載の方法。

【請求項20】前記流体媒質が前記反応性物質をインクジェットディスペンサーを介して選択的に投与することにより選択的に硬化される請求項17記載の方法。

【請求項21】反応性物質に曝されたときに硬化し得る媒質から三次元物体を一層づつ作成する装置において、
形成される三次元物体の断面を表す断面データを発生する装置と、

逐次連続した媒質層を形成する装置と、

硬化される媒質層の前記少なくとも一部分へ反応性物質を選択的に投与する装置を有し、前記媒質と前記反応性物質との組合せにより前記媒質が硬化し、かつ前記連続した媒質層の硬化された部分が前記三次元物体の連続層を形成する前記連続した媒質層の少なくとも一部分を選択的に硬化させる装置と、

前記三次元物体の前記連続層を互いに接着させて硬化さ

【請求項22】前記媒質の前記連続層が前記三次元物体の前に硬化された層に隣接して形成され、かつ前記媒質の前記連続層の硬化時に接着される請求項21記載の装置。

【請求項23】前記反応性物質を選択的に投与する装置がコンピュータ制御されるインクジェットディスペンサーからなる請求項22記載の装置。

【請求項24】前記反応性物質を選択的に投与する装置がマスクを有し、前記反応性物質が前記媒質にこのマスクを通して投与される請求項22記載の装置。

【請求項25】反応性物質に曝されたときに硬化し得る媒質から三次元物体を一層ずつ作成する装置において、形成される三次元物質の断面を表す断面データを発生する装置と、

硬化される前記媒質の層を形成する装置と、前記媒質層の前記少くとも一部分に前記反応性物質を選択的に投与する装置を有する前記媒質層の少くとも一部分を選択的に硬化することによって前記三次元物体の層を形成する装置と、

前記三次元物体の前記媒質層を互いに接着させて前記三次元物体を形成する装置と、を備える装置。

【請求項26】前記媒質の前記層が前記三次元物体の前に硬化された層に隣接して形成され、かつ前記媒質の前記層の硬化時に接着される請求項25記載の装置。

【請求項27】反応性物質を選択的に投与する前記装置がコンピュータ制御されたインクジェットディスペンサーからなる請求項26記載の装置。

【請求項28】反応性物質を選択的に投与する前記装置がマスクを有し、前記反応性物質が前記媒質に該マスクを通して投与される請求項26記載の装置。

【請求項29】三次元物体を作成する装置において、三次元物体の断面を表す断面データを発生する装置と、化学反応により硬化可能である未硬化媒質の層を形成する装置と、

未硬化媒質の前記層に物質を選択的に噴霧し前記化学反応を引起す装置を有し、かつ前記媒質層を選択的に硬化することによって前記三次元物体の連続層を形成する装置と、

前記三次元物体の前記連続層を互いに接着させて複数個の接着層から前記三次元物体を形成する装置と、を備えた装置。

【請求項30】前記媒質の前記層が前記三次元物体の前に硬化された層に隣接して形成され、前記媒質の前記層の硬化時に接着される請求項29記載の装置。

【請求項31】物質を選択的に噴霧する前記装置がコンピュータ制御されるインクジェットディスペンサーからなる請求項30記載の装置

【請求項32】物質を選択的に噴霧する前記装置がマス

【請求項33】物質に曝されたときに硬化し得る媒質から三次元物体を一層ずつ形成して作成する装置において、

三次元物体の断面を表す断面データを発生するコンピュータ装置と、

硬化される媒質の連続層を前に形成された媒質層に隣接して形成する装置と、

硬化される媒質の一部分に物質を投与する装置を有し、かつ媒質の連続層を選択的に硬化し接着させ前記三次元物体の連続層を形成する装置と、を備え前記媒質と前記物質との組合せにより前記媒質を硬化させ、これによって前記媒質の複数個の硬化し、かつ接着した層から前記三次元物体を形成する装置。

【請求項34】物質を選択的に投与する前記装置がインクジェットディスペンサーである請求項33記載の装置。

【請求項35】物質を選択的に投与する前記装置がマスクを備え、前記物質が前記媒質に該マスクを通して投与される請求項33記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は流体媒質から三次元の物体を形成する方法と装置の改良、とくに、三次元の物体が迅速、確実、正確かつ経済的に形成できるように、三次元の物体の製造にリトグラフィー (Lithography) を応用する立体造形に関する。

【0002】

【従来の技術】プラスチックからなる部品等を製造する場合、まず、部品を最初に設計し、その後、苦勞してこの部品の原型を作るのが普通である。これらはいずれもかなり時間、労力及び費用を要する。その後、この設計を検討し、設計が最適になるまで、この手間のかかる過程を何回も繰返す場合が多い。設計が最適になった後、次の工程はその製造である。大抵の生産では、プラスチック部品は射出成形される。設計の時間及び工具のコストが非常に高いから、射出プラスチック部品は大量生産した場合にしか実用的にならないのが普通である。プラスチック部品を製造するために、直接的な機械加工、真空成形及び直接成形のような他の方法を利用することができる。しかし、これらの方法は、短期間の生産の場合にだけコスト効果があるのが普通であり、製造された部品は射出成形部品よりも品質が劣る。

【0003】最近、流体媒質の中で三次元の物体を作成する非常に良い方法が開発された。流体媒質の三次元の容積内の所定の交点で選択的に焦点を結ばせる放射ビームにより、流体媒質が選択的に硬化させられる。このような三次元の物体を形成する装置の典型が米国特許第2, 775, 785号、第4, 041, 476号、同第4,

玉秀男「3次元情報の表示法としての立体形状自動作成法」(電子通信学会論文誌、VOL. J64-C No.4, 1981年4月)、Hideo Kodama, Automatic method for fabricating a three-dimensional plastic model with photo-hardening polymer, Review of Scientific Instruments, 52(11), Nov. 1981, 及びAlan J. Herbert, Solid Object Generation, Journal of Applied Photographic Engineering, VOL 8, No.4, August 1982に記載されている。これらの装置はいずれも種々の大掛りな多重ビーム方式を用いて、流体容積内の他の全ての点を排除して、流体媒容積内の深い所にある選ばれた点で相乗的なエネルギーを付与することに頼っている。この点、従来の種々の方式は、特定の座標で交差するような向きの一對の電磁放射ビームを使っている。この場合、種々のビームは、波長が同じであっても異なっているもよいし、あるいはビームが同時にではなく、逐次的に同じ点と交差する場合がある。しかしこれらすべての場合に、ビームの交点だけが、流体媒質の容積内に三次元の物体を形成するために必要な硬化工程を達成するに十分なエネルギーレベルまでエネルギーを受ける。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、都合の悪いことに、このような三次元成形装置は、分解能及び露出制御の点で多くの問題がある。交点が流体媒質の中に一層深く移動する時に放射強度が低下すること、集束されたスポットの像を形成する分解能が低下することにより、当然ながら複雑な制御状態が生ずる。吸収、拡散、分散ならびに解析のいずれの方法も、経済的にかつ信頼性をもって、流体媒質の中の深い所で加工することを難しくする。そのため、極めて薄い層の形成が困難であるとともに、自動的な積層もまた困難であった。

【0005】しかし、設計段階から原型段階へ、そして最終的な生産へ速やかに、かつ信頼性をもって移ることができるようにすること、とくに、この様なプラスチック部品に対する計算機による設計から事実上即座に原型に直接的に移ること、ならびに経済的にかつ自動的に強固に大量生産する設備に対する長い間の要望が、その設計及び製造の分野に依然としてある。

【0006】従って、三次元のプラスチックの物体等の開発及び製造に携わる者は、従来の三次元製造装置の複雑な焦点合せ、整合及び露出の問題を避けながら、設計段階から原型段階へ、そして製造へと速やかに移されるようにする更に敏速で、信頼性がある経済的で自動的な手段を一層改良するのが望ましいことを確認している。この発明は、これらすべての要望に十分応えるものである。

【0007】

【課題を解決するための手段及び作用】この発明は適当

く隣接した断面積層板を形成することにより、三次元の物体を作成する新規で改良された装置を提供する。相次ぐ積層板は、それらが形成された時に自動的に強固に一体化され、所望の三次元の物体を形成する。

【0008】例としていうと、これに制限するつもりはないが、現在好ましいと考えられる実施例では、この発明は計算機によって発生されたグラフィックの考えをリトグラフィと組合せて活用する。即ち、リトグラフィ(造形)技術を三次元の物体の製造に応用し、計算機の命令から直接的に三次元の物体を製造するには、計算機に支援された設計(CAD)及び計算機に支援された製造(CAM)を同時に実行する。この発明は製品開発の設計段階で雛形及び原型を形どるため、または製造装置として、または純粋な芸術的な物体の形成のために用いることができる。

【0009】ここで、「立体造形」とは、硬化し得る材料、例えば赤外線硬化し得る材料の薄い層を互いに上下に「プリント」することにより、物体を作る方法及び装置である。UV(紫外線)で硬化し得る液体の面または層を照らすプログラムされたUV光の可動スポット・ビームを使って、液体の表面に物体の固体断面を形成する。その後、物体をプログラムされた形で、一層の厚さだけ液体の表面から遠ざけ、その後、次の断面を形成し、その直ぐ前の層に接着して物体を構成する。物体全体が形成されるまで、この工程を続ける。

【0010】この発明の方法により、ほぼあらゆる形態の物体の形を作ることができる。複雑な形は、プログラム命令を発生し、その後プログラム信号を立体造形装置に送るために、計算機的作用を使うことによって作ることが一層容易になる。

【0011】勿論、粒子の照射(電子ビーム等)、マスクを介して材料を吹付けること、またはインク・ジェットによる化学反応、または紫外線以外の入射・放射のように、硬化し得る流体媒質に対する他の種類の好適な相乗的なエネルギーを用いてこの発明を実施しても、この発明の範囲を逸脱しない。

【0012】例としていうと、この発明を実施する時、所定のエネルギーに応答して凝固し得る流体媒質の本体を最初に任意の適当な容器の中に収容して、相次ぐ断面積層板をそこで作成することのできるような、流体媒質の選定された作業面を限定する。その後、紫外線のスポット等のような適当な種類の相乗的なエネルギーをグラフィック・パターンとして流体媒質の特定された作業面に適用し、この面に薄い固体の個別の層を形成する。各層が作ろうとする三次元の物体の隣接する断面を表す相次ぐ隣接層を、それらが形成された時に、互いに重畳することが自動的に行なわれて、層を一体化し、所望の三次元の物体を形成する。この点、流体媒質が硬化し、固

装置により、典型的には全てマイクロコンピュータ等の制御の下に、プログラムされた形で作業面から遠ざけられる。このようにして、最初に作業面に形成された固体材料がこの面から遠ざけられ、新しい液体が作業面の位置に流れ込む。この新しい液体の一部がプログラムされたUV光スポットによって固体材料に変換されて新しい積層板を限定し、この新しい積層板がそれに隣接する材料、即ち、直ぐ前の積層板に接着によって接合される。三次元の物体全体が形成されるまで、この工程が続けられる。この後、形成された物体を容器から取出し、装置は、最初の物体と同一の別の物体、又は計算機によって発生された全く新しい物体を作る用意ができる。

【0013】この発明の立体造形方法及び装置は、プラスチックの物体を作成するために現在使われている方法に比べて、多くの利点がある。すなわちこの発明の方法は、設計の配置及び図面を作成したり、加工の図面及び工具を作る必要がない。設計者は直接的に計算機及び立体造形装置で作業することができ、計算機の出力スクリーンに表示された設計に満足した時、直接的に検査するために部品を製造することができる。設計を修正しなければならない場合、これは計算機を通じて容易に行なうことができ、その後、設計変更が正しかったことを確かめるために、もう1つの部品を作ることができる。設計によって、相互作用する設計パラメータをもつ幾つかの部品が必要になる場合、部品の全ての設計を敏速に変えて再び作り、集成体全体を、必要があれば反復的に作って検査することができるので、この発明の方法はさらに役立つ。

【0014】設計が完了した後、部品の製造を直ちに開始することができるので、設計と製造の間の何週間も何カ月もの所要期間が避けられる。最終的な生産速度及び部品のコストは、短期の生産の現在の射出成形のコストと同様にすべきであり、射出成形の場合より労働のコストは一層低くなる。射出成形は、多数の同一の部品を必要とする時だけ経済的である。工具の必要がなく、生産の設定時間がごく短いことから、立体造形は短期の生産に役立つ。同様に、この方法を用いると、設計の変更及び注文の部品が容易に得られる。部品を製造するのが容易であるため、立体造形は、現在では金属又は他の材料の部品が使われている多くの場所で、プラスチックの部品を使うことができるようにする。さらに、高価な金属又はその他の材料の部品を作るという決定の前に、物体のプラスチックのモデルを素早くかつ経済的に作ることができる。

【0015】従って、この発明の立体造形方法及び装置は三次元のプラスチックの部品等を速やかに、確実に、正確にかつ経済的に設計して製造することができるCAD又はCAMシステムに対する長い間存在した要望に応

点は、以下図面について詳しく説明するところから明らかになる。

【0017】

【実施例】次に図面について本発明の実施例を説明する。図1及び図2は、立体造形によって三次元の物体を作成するこの発明の基本的な方法と装置を示すフローチャートである。

【0018】紫外線(UV)の照射、電子ビーム可視光、非可視光の照射、インク・ジェット又は適当なマスクを介して適用する反応性化学剤のような他の種類の相乗的なエネルギーにより、固定重合体プラスチックに変化するように誘発することのできる数多くの液体状態の化学剤が知られている。UV硬化性化学剤は現在高速印刷のインクとして、紙及びその他の材料の被覆プロセスに接着剤として、並びにその他の特殊な分野に現在使われている。

【0019】立体造形は、種々の方式を用いて、グラフィックな物体を再生する技術である。現在、例としては、微小電子回路の製造に使われるような写真の複製、ゼログラフィ及びマイクロ製版がある。プロッタ又は陰極線管に表示された計算機で発生されたグラフィックもリトグラフィ形式であり、像は計算機で符号化された物体の映像である。

【0020】計算機の助けを借りる設計(CAD)及び計算機の助けを借りる製造(CAM)は、計算機の能力を設計及び製造の工程に応用する技術である。CADの典型的な例は、電子プリント配線の設計の分野であるこの場合、計算機及びプロッタが、設計パラメータが計算機のデータ入力として与えられると、印刷配線板の設計を描くCAMの典型的な例は、数値制御のフライス盤であり、適当なプログラミング命令が与えられると、計算機及びフライス盤が金属部品を加工する。CADもCAMも重要であって、急速に成長している技術である。

【0021】この発明の主な目的は、コンピュータで発生されたグラフィックの考えをUV硬化性プラスチックと組合せて活用して、CAD及びCAMを同時に実行し、計算機の命令から直接的に三次元の物体を作ることである。この発明は、立体造形と呼ばれ、製品開発の設計段階で雛形及び原型を形どるため、又は製造装置として、あるいは美術的な形どりとして使うことができる。

【0022】図1には、この発明の立体造形方法が広義に説明されている。図1の工程10は、形成しようとする三次元の物体の断面を表す個別の積層板を作成することを表す。工程11は、工程10が正しく行なわれた場合にだけ行なわれるのが普通であるが、相次いで形成された隣接する積層板を組合せて、装置のプログラムされた所望の三次元の物体を形成し、選択的に硬化を行なわせる。このため、この発明の立体造形装置は、入射する

の吹付けによって適用された化学剤の様な適当な相乗的なエネルギーにตอบสนองして、それぞれ物理的な状態を変えることができる流体媒質、例えばUV硬化性液体等の選ばれた面に、形成しようとする物体の断面パターンを作ることにより、三次元の物体を作成する。物体の相次ぐ隣接した断面を表す相次ぐ隣接した積層板が自動的に形成され、一体化されて、物体の段階的な層状の又は薄層形の構成を作り、こうした形成工程の間、流体媒質の略平面状又はシート面から三次元の物体が形成されかつ引き上げられる。

【0023】上述した方法が図2にさらに詳しく述べられている。図2では、工程12で、所定の反応性エネルギーにตอบสนองして凝固し得る流体媒質を収容することが要求される。工程13は、このエネルギーを選定された流体表面にグラフィック・パターンとして適用して、その表面に薄い固体の個別の層を形成する。各層が作ろうとする三次元の物体の隣接する断面を表す。このような各々の層は、形成される三次元の物体の分解能を最大にするとともに正確に再現しさらに作成時間を短縮するために、この発明を実施する間、出来るだけ薄く作ることが望ましい。このため、理想的な理論的な状態は、流体媒質の選定された作業面だけで物体が作られて、無限の数の積層板が得られるようにし、各々の積層板の厚さがゼロよりも極く僅かしか大きくない硬化した深さ（例えば、1mm以下）をもつようにすることである。このように薄い層とすることにより形成される物体の精度を向上させることができるとともに、面に支持体のない成形部の形成が可能となる。勿論、この発明を実際に用いる時、各々の積層板は薄い積層板ではあるが、断面を形成して形成される物体の他の断面を限定する隣接する積層板に接着する際に適当な結合性をもつ位の厚さとする。

【0024】図2の工程14では、相次ぐ隣接した層又は積層板をそれらが形成された時に互いに重畳して、種々の層を一体化して、所望の三次元の物体を形成する。この発明を普通に実施する時、流体媒質が硬化し、固体材料が形成されて、1つの積層板を構成する時、その積層板を流体媒質の作業面から遠ざけ、前に形成された積層板に置き代わる新しい液体の中に次の積層板が形成され、このため、各々の相次ぐ積層板が他の全ての断面積層板と重畳されて（硬化した流体媒質の自然の接着性によって）一体となる。このため、このような断面積層板を製造する工程は、三次元の物体全体が形成されるまで何回も繰り返される。その後、物体を取り外し、装置は別の物体を製造する用意ができる。この物体は、前の物体と同一であってもよいし、あるいは立体造形装置を制御するプログラムを取り替えることにより、全く新しい物体にすることができる。

【0025】3図から8図は、図1と図2のフローチャ

【0026】前に述べたように、「立体造形」は、硬化性材料、例えばUV硬化性材料の薄い層を互いに上下に相次いで「プリント」することによって、固体の物体を作る方法及び装置である。UV硬化性液体の表面又は層を照らすUV光のプログラムされた可動スポット・ビームを使って、液体の表面に物体の固体断面を形成する。この後、プログラムされた形で、一層の厚さだけ物体を液体の表面から遠ざけ、次の断面を形成し、直前の層と接着して物体を限定する。物体全体が形成されるまで、この工程を続ける。

【0027】この発明の方法により、ほぼあらゆる形式の物体の形を作ることができる。プログラム命令を発生して、このプログラム信号を立体造形装置に送るのに計算機的作用を使うことにより、複雑な形を一層容易に作ることができる。

【0028】現在、好ましいと考えられる実施例の立体造形装置が図3に側面断面図で示されている。容器21にUV硬化性液体22等を充填し、選定された作業面23を定める。紫外線26等のプログラム可能な源が面23の平面内に紫外線スポット27を作る。光源26の一部分である鏡、その他の光学又は機械的な素子（図に示していない）の移動により、スポット27は面23にわたって移動し得る。面23上のスポット27の位置が計算機またはその他のプログラミング装置28によって制御される。容器21の内側にある可動の昇降台29を選択的に昇降することができる。台29の位置が計算機28によって制御される。この装置が動作する時、30a, 30b, 30cに示すような一体化した積層板を歩進的に積上げることにより三次元の物体30が形成される。

【0029】UV硬化性液体22の表面は容器21内の一定の高さの所に保ち、この液体を硬化させ、それを固体材料に変換する位の強度をもつUV光のスポット27又はその他の適当な種類の反応性エネルギーをプログラムされた形で作業面23にわたって移動する。液体22が硬化して固体材料が形成される時、最初は作業面23の直ぐ下にあった昇降台29を適当な作動装置によって、プログラムされた形でこの作業面から下に降げる。このようにして、最初に形成された固体材料は面23の下に来るようになり、新しい液体22が面23に流れ込む。この新しい液体の一部分がプログラムされたUV光スポット27によって固体材料に変換され、この新しい材料がその下にある材料と接着によって接合される。三次元の物体30の全体が形成されるまで、この工程を続ける。その後、物体30を容器21から取出し、装置は別の物体を作る用意ができる。その後、もう1つの物体が作ることができ、あるいは計算機28のプログラムを取り替えることにより、新しい物体を作ることができ

は、いくつかの重要な性質をもっていなければならない。(A)これは実用的な物体形成時間が得られるように、利用し得るUV光源で早く硬化しなければならない。(B)接着性がある、相次ぐ層が互いに接着するようにしなければならない。(C)その粘度が十分低く、昇降台が物体を動かした時、新鮮な液体材料が面に素早く流れ込むようにしなければならない。(D)UVを吸収して、形成された層が妥当に薄くなるようにすべきである。(E)液体状態である溶媒に妥当に可溶性であって、固体状態では同じ溶媒に対して妥当に不溶性であって、物体が形成された後、物体からUV硬化性液体及び途中まで硬化した液体を洗い落すことができないからならない。(F)出来るだけ無毒性で非刺激性にすべきである。

【0031】硬化した材料は一旦それが固体状態になった時、所望の性質をもっていなければならない。こういう性質は、他のプラスチック材料を普通に使う場合と同じで、用途に関係する。色、生地、強度、電気的な性質、可燃性及び可撓性が考慮すべき性質である。さらに、多くの場合、材料のコストも重要である。

【0032】実用的な立体造形装置(例えば図3)の現在好ましいと考えられる実施例で使われたUV硬化性材料は、ロックタイト、リミテッド(Loctite Ltd.)によって製造される変性アクリレートであるポッティング・コンパウンド(Potting Compound)363である。この典型的なUV硬化性材料を作る方法が、米国特許第4,100,141号に記載されている。

【0033】すなわち、前記したUV硬化性材料は、無数の公知の開始剤を遊離基として使った遊離基共重合により硬化できる。このような開始剤として、過酸化水素のような過酸化物質；過酸化ベンゾイルメチルケトン過酸化物質のような有機過酸化物質；2,2'-アゾビス(イソブチロニトリル)のようなアゾ化合物；クメンヒドロペルオキシド、*t*-ブチルヒドロペルオキシド、メチルエチルケトンヒドロペルオキシドのようなヒドロペルオキシド；*t*-ブチルパーベンゾエート、*t*-ブチルパーアセテートのような加水分解して過酸化化合物になるパーエステル；ベンゾフェノン、ベンゾインエーテルのような感光化合物があげられる光源26は、物体の所望の細部を形成することができる位に小さく、かつ使われるUV硬化性液体を実用的になる位に迅速に硬化させる位の強さをもつUV光のスポット27を発生する。源26はオン及びオフに転ずるとともに、集束スポット27が液体22の面23を横切って移動するようにプログラムすることができるように構成される。このため、スポット27が移動する時、それが液体22を固体に硬化させ、チャート式記録装置又は製図装置がペンを使って紙の上にパターンを描くのと大体同じように、面の上に固

形装置の光源26は、ハウジング内にある350ワットの短アーク水銀灯を用いており、ハウジングの光出力を直径1mmのUV透過性光学繊維束(図に示してない)の端に集束した。水銀灯に近い方の束の端を水冷し、灯と束の端の間に電子的に制御されるシャッタ・プレートを設置、束を通る光をオン及びオフに転ずることができるようにした。束の長さ1mであり、光出力は、UVをスポットに集束するために石英レンズをもつレンズ管に送り込んだ。光源26は直径1mmより若干小さいスポットを発生することができ、約1ワット/cm²の長波UV強度をもっている。

【0035】図3の装置では、面23を一定の高さに保ち、物体を取去った後、この材料を補給する手段を設けて、焦点スポット27が一定の焦点平面に鮮鋭に合焦点状態にとどまり、こうして作業面に沿って薄い層を形成する際の分解能を最大になるように保証することができる。この点、作業面23に強度の強い領域が得られるように焦点を形成し、急速に低い強度に発散して、硬化工程の深さを制限して、形成する物体に対して適当な最も薄い断面積層板が得られるようにするのが望ましい。これは、焦点距離の短いレンズを使い、源26を出来るだけ作業面に近づけて、流体媒質に入る焦点コーンにおける発散が最大になるようにして達成するのが最もよい。その結果、分解能が実質的に高くなる。

【0036】ヒューレット・パッカード社によって製造されるH-P9872型デジタル・プロッタ(図に示してない)を用いて光源26を動かす。レンズ管をプロッタのペン・カートリッジに取付け、普通のグラフィック指令を用いて、計算機28によってプロッタを駆動する。シャッタは、計算機の指令を使って、H-P3497型データ収集/制御装置によって制御する。

【0037】物理的にこの他の形の光源26又はその均等物を用いることができる。走査は光学走査器を用いて行なうことができ、こうすれば光学繊維束及びデジタル・プロッタが不要となる。最終的には、UVレーザが短アーク灯よりも一層良い光源になる。立体造形工程の速度は主に光源の強度とUV硬化性液体の応答とによって制限される。

【0038】昇降台29を使って形成する物体30を支持しかつ保持するとともに、それを上下に動かす。典型的には、1つの層が形成された後、物体30を次の層のレベルを越えて移動(液体媒質内にオーバディップする)して、固体が形成された所で面23に残された一時的な空所に液体22が流れ込むことができるようにし、その後、次の層に対する正しい高さに戻す。これにより空所に流れ込んだ液体22が潮が引くごとく退いて所定の厚さの層となる。これにより極めて薄い層の自動積層が可能となる。昇降台29に対する条件は、適当な速度

である。さらに、設定段階並びに物体を取外す時、昇降台の位置の手動の微細調節が役立つ。

【0039】図3の実施例の昇降台29は、アナログ・プロッタ（図に示してない）に取りつけた台である。このプロッタが、計算機28のプログラム制御の下に、内部にデジタル・アナログ変換器を持つH-P3497型データ収集／制御装置によって駆動される。

【0040】この発明の立体造形装置の計算機28は基本的に2つの作用をもつ。第1に、オペレータが三次元の物体を設計するのを、それを作ることができるような形で助けることである。第2に、この設計を、立体造形に対する適切な指令に変換し、こういう指令を物体が形成されるように送り出すことである。ある用途では、物体の設計が存在しており、計算機の作用は適当な命令や指令を送り出すことだけである。

【0041】理想的な場合、オペレータは物体を設計して、それを計算機28のCRTスクリーンに三次元で見ることができる。オペレータが設計を終わった時、計算機28に物体を作るように命令し、計算機が立体造形に対して適当な命令を出す。

【0042】この発明の実際に用いられた例では、計算機28はH-P9816であって、ベーシック・オペレーション・システムを用いる。典型的なプログラムが添付した参考資料に示されている。このシステムでは、オペレータがH-Pグラフィック・ランゲージ（3497Aに対する指令構造）及びベーシック・ランゲージの指令を用いてプログラムする。オペレータはUV硬化性時間に対する適当な露出時間及び速度をも設定しなければならない。この装置を動作させるため、物体の像を作り、立体造形装置をこの物体を作る様に駆動するためのプログラムを書く。

【0043】昇降台29の駆動は、機械式、空気圧式、流体圧又は電気式であってよく、その位置を精密に制御するために光又は電子回路の帰還を用いることができる。昇降台29は典型的にはガラス又はアルミニウムで作られるが、硬化したプラスチック材料が接着する任意の材料が適している。

【0044】ある場合には、計算機28が不要なり、特に簡単な形しか造形しない場合、一層簡単な専用のプログラミング装置を使うことができる。この代わりに、計算機制御装置28が、別のさらに複雑な計算機によって発生された命令を単に実行するだけであってもよい。これは、幾つかの立体造形装置を使って物体を作り、別の装置を用いて形成すべき物体を最初に設計する場合がそうである。

【0045】計算機によって制御されるポンプ（図に示してない）を使って、作業面23の所に液体22の一定の液位を保つことができる。その必要性は、次の理由に

液体内に移動すると、液体の容積が変化し、それにより液位が変化する。液体の層の厚さは、液位下に形成された直前の層の深さによって決まるので、もし、液位が一定に保たれていないと、実際に形成される層の厚さは、所望の層の厚さより異ってしまい正確な厚さの層が形成されないからである。周知の適当な液位検出装置及び帰還回路を用いて、流体ポンプを駆動するか、あるいは液体変位装置を駆動し、昇降台を流体媒質の中に一層深く移動する時に流体媒質の外へ移動する中実な棒（図に示してない）を駆動し、流体容積の変化量をならして、面23に一定の流体の液位を保つことができる。この代わりに、光源26を感知した液位22に対して移動し、作業面23に鮮鋭な焦点を自動的に保つことができる。これらの全ての代案は、計算機制御装置28と共に作用する普通のソフトウェアにより容易に達成することができる。

【0046】三次元の物体30が形成された後、昇降台29を高くし、物体を台から取外す。典型的には、この後、物体をアセトンのように、硬化した固体の媒質は溶解しないが、未硬化の流体媒質の液体状態を溶解する溶媒の中で、超音波で洗浄する。その後、物体30を強い紫外線の溢光、典型的には、200ワット／インチのUV硬化灯の下に置き、硬化工程を完了する。

【0047】さらに、この発明を実施する時、幾つかの容器21を用いることができる。各々の容器は、相異なる種類の硬化性材料を保有していて、立体造形装置によって自動的に選択することができる。この場合、種々の材料は違う色のプラスチックであってもよいし、あるいは電子部品の種々の層に利用し得る絶縁材料及び導電材料の両方をもってよい。

【0048】他の図面について、この発明のこの他の実施例を説明するが、図面全体にわたり、図3に示したこの発明の好ましい例について説明したのと同様な部分には、同じ参照数字を用いている。

【0049】図4には、別の形の立体造形装置が示されている。この場合、UV硬化性液体22等が一層重いUV透過性液体32の上に浮いている。液体32は硬化性液体22と非混和性であってかつそれをめらさない。一例として、中間の液体層32としては、エチレン、グリコール又は重水が適している。図4の装置では、図3の装置に示すように、流体媒質の中に入り込む代わりに、三次元の物体30が液体22から引き上げられる。

【0050】図4のUV光源26が液体22と非混和性の中間液体層（離型液剤）32との間の境界面にスポット27を集束する。UV放射は、容器21の底に支持された石英等で作られた適当なUV透過性の窓33を通して。硬化性液体22は非混和性の層32の上に極く薄い層として設けられ、このため、理想的には極く薄い積

するという利点がある。このため、形成領域がさらに鮮鋭に限定され、図4の装置を用いれば、図3の装置よりも、ある面は一層滑かに形成される。さらに、UV硬化性液体22は一層少ない容積ですみ、ある硬化性材料と別の硬化性材料との取り替えが一層容易である。

【0051】図5の装置は図3の装置と同様であるが、可動のUV光源26がなく、プログラムされた源26及び集束スポット27の代わりに、コリメートされた幅の広いUV光源35と適当な開口マスク36とを用いている。開口マスク36は作業面23にできるだけ近づけ、UV源35からのコリメートされた光がマスク36を通過して、作業面23を露出し、こうして図3及び図4の実施例と同じように、相次ぐ隣接した積層板を作る。しかし、形成する物体の断面形を表わす固定マスク36を使うことにより、三次元の物体は一定の断面形のもので得られる。この断面形を変える時には、その特定の断面形に対する新しいマスク36に取り替えて、正しく整合させなければならない。勿論、面23と整合するように相次いで移動させられるマスクのウェブ（図に示していない）を設けることにより、マスクを自動的に交換することができる。

【0052】図6も前に図3について述べたものと同様な立体造形装置を示している。しかし、光源26及び焦点スポット27の代わりとして、陰極線管（CRT）38、光学繊維のフェースプレート39及び水又はその他の離形層40を設ける。このため、計算機28からCRT38に出力された画像が管のUV放光体面に形成像を作り、そこで光学繊維層39及び離形層40を通過して、流体媒質22の作業面23に入る。他の全ての点で、図6の装置は、これまで説明した実施例と全く同じように、形成しようとする所望の三次元の物体を限定する相次ぐ断面積層板を形成する。

【0053】図7及び図8は、昇降台29が付加的な自由度をもち、物体30の異なる面を他の構成方法のために露出することができるようにした立体造形装置を示している。同様に、この立体造形方法は「つけ加え」方法として用いることができ、昇降台29を使って、補助的な立体造形処理のために、別の部分を拾い、かつ位置決めすることができる。この点、図7及び図8に示す装置は図3と同一であるが、図7及び図8の装置では、昇降台29が枢軸ピン又は丁番部材42の周りに手動で又は自動的に制御されて回転する2番目の自由度を持っている点が異なる。この点、図7は普通的位置にある調節自在の昇降台29aを示しており、図8は90°回転した台29aを示しており、このため、三次元の物体30の片側に追加として、立体造形によって形成された補助的な構造41を選択的に形成することができる。実用的な立体造形装置は、図3から図8に略図で示した装置に

びハウジングと制御パネルとをもっている。さらに、オペレータを過剰のUV光及び可視光から遮蔽する手段もっており、形成されている間に物体30を見ることができるようにする手段ももっていることがある。実用的な装置は、オゾン及び有害な煙を制御する安全手段や、高圧安全保護及び連動装置をもっている。このような実用的な装置は、影響を受け易い電子回路を雑音源から有効に遮蔽する手段をもっている。

【0054】すでに説明したように、この他の多数の装置を利用して、この発明の立体造形方法を実施することができる。例えば、UV光源26の代わりに、電子源、可視光源、レーザ光源、ショートアーク光源、高エネルギー粒子光源、X線源又はその他の放射源を使うことができ、特定の種類の反応性エネルギーに応答して硬化する適当な流体媒質、例えば光重合材料を用いることができる。例えば、UV光を用いて若干予め重合させたアルファオクタデシルアクリル酸を電子ビームを用いて重合させることができる。同様に、ポリ（2，3-ジクロロ-1-プロフィル・アクリレート）をX線ビームを用いて重合させることができる。

【0055】

【発明の効果】この発明の立体造形方法及び装置は、プラスチックの物体を製造するために現在使われている方法に比べて多くの利点がある。この発明の方法は、設計の配置及び図面を作る必要がなく、加工図面及び工具を作る必要もない。設計者は直接的に計算機及び立体造形装置を相手として作業することができ、計算機の出力スクリーンに表示された設計に満足した時、直接的に検討するために、部品を製造することができる。設計を変更しなければならない時、計算機を通じてその変更を容易に行なうことができ、その後、もう1つの部品を作って、その変更が正しかったことを検証することができる。設計が相互作用をする設計パラメータをもつ幾つかの部分が必要な場合、すべての部分の設計を素早く変更しかつ再び作ることができる。このため全体の集成体を、必要であれば、反復的に作って検査することができるので、この発明の方法はさらに役立つ。

【0056】設計が完成した後、部品の製造を直ちに始めることができ、このため、設計と製造の間に何週間も何カ月もかかることが避けられる。最終的な生産速度及び部品のコストは、短期的な生産用の現在の射出成形のコストと同様にすべきであり、射出成形よりも労賃は一層低くすることができる。射出成形は、多数の同一の部品を必要とする時にだけ経済的である。立体造形は短期的な生産に有用である。これは、工具の必要がなく、また生産の設定時間が極く短いからである。同様に、この方法を使うと、設計の変更及び注文製の部品が容易に得られる。部品を作るのが容易であるため、立体造形は、

うにする。さらに、一層高価な金属又はその他の材料の部品を製造する決定を下す前に、物体のプラスチックのモデルを敏速かつ経済的に作ることができる。

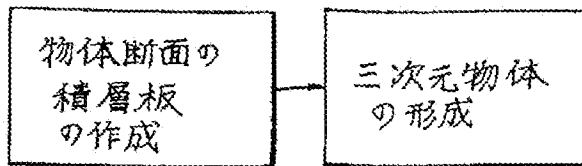
【0057】以上、この発明を実施するための種々の立体造形装置を説明したが、それらがほぼ二次元の面を描き、この面から三次元の物体を引き上げるという考えを共通にもっていることは明らかである。この発明は、三次元のプラスチックの部品等を敏速に、確実に、正確にかつ経済的に設計して、製造することができるCAD及びCAM装置に対する従来長い間あった要望に応える。

【0058】以上、この発明の特定の形式を図示し、かつ説明したが、この発明の範囲内で種々の変更を加えることができることは明らかである。従って、この発明は本願の特許請求の範囲の記載のみに限定されることはない。

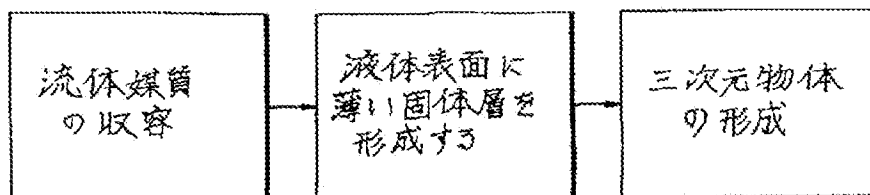
【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の立体造形方法を実施するのに用いられる基本的な考えを示すフローチャート。

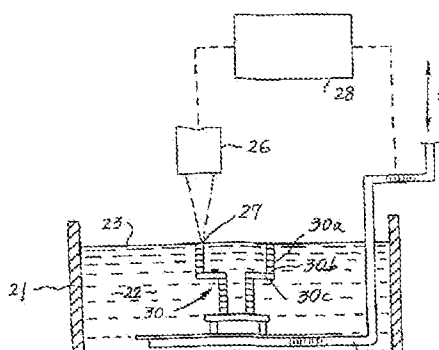
【図1】



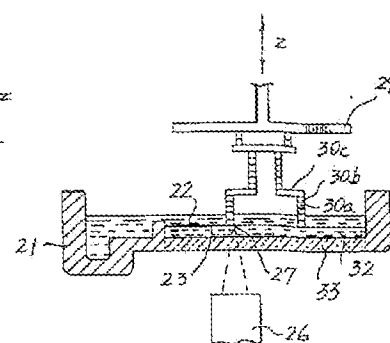
【図2】



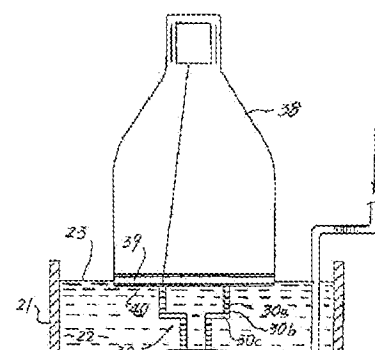
【図3】



【図4】



【図6】



【図2】図1と同様なフローチャート。

【図3】この発明を実施する装置の現在好ましいと考えられる実施例の断面図と組合せたブロック図。

【図4】この発明を実施するための2番目の実施例の断面図。

【図5】この発明の3番目の実施例の断面図。

【図6】この発明のさらに別の実施例の断面図。

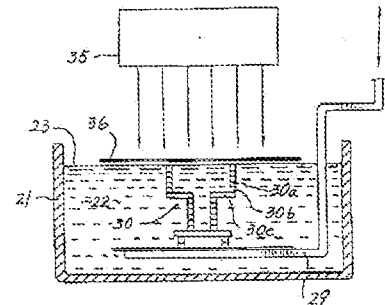
【図7】多数の自由度をもつ昇降台を取り入れるように図3の立体造形装置を変更した場合の部分的な断面図。

【図8】図7と同様な断面図。

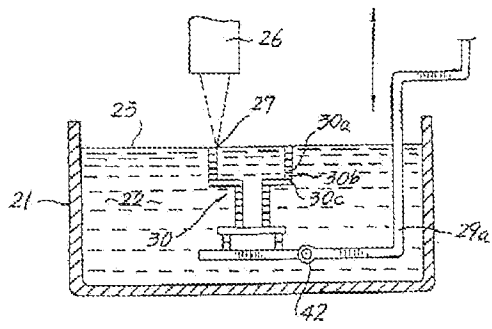
【符号の説明】

- 21 容器
- 22 UV硬化性液体
- 23 作業面
- 26 光源
- 28 計算機
- 29 昇降台
- 30 物体

【図5】



【図7】



【図8】

